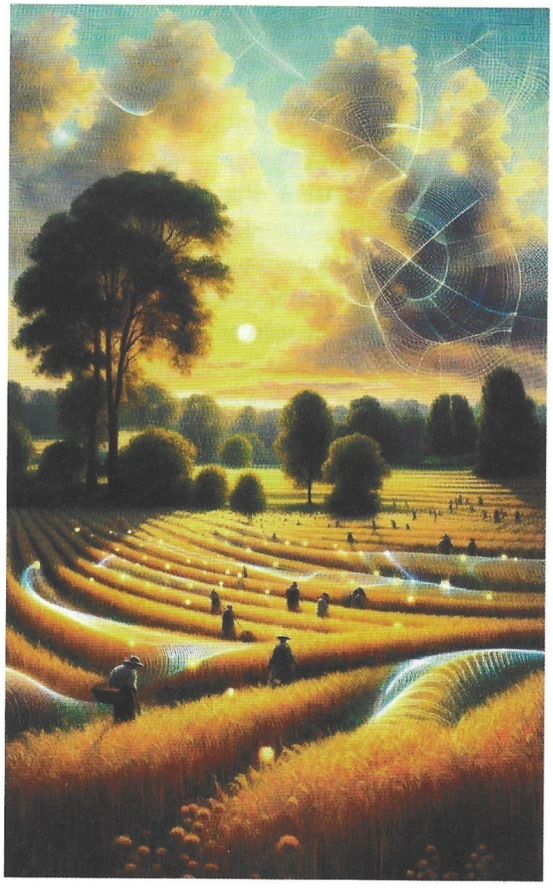
Sztuczna inteligencja i medycyna – małżeństwo z miłości czy z rozsądku?

Bartłomiej W. Papież, Assoc. Prof. PhD MSc
Big Data Institute, University of Oxford, Wielka Brytania

Skróty: AI (*artificial intelligence*) – sztuczna inteligencja; LLM (*large language models*) – duże modele językowe; TK – tomografia komputerowa

Wszystkie ilustracje zostały wygenerowane za pomocą Microsoft Copilot.

Pierwsza sesja poświęcona sztucznej inteligencji (AI) w medycynie, zorganizowana w ramach McMaster International Review Conference of Internal Medicine (MIRCIM 2025, 8–10 maja [program i wykłady dostępne na mircim.one]) w Krakowie, przeszła już do historii; można by rzec, że to temat na książki historyczne. Wydarzenie „AI in medicine" było swoistym eksperymentem z budowaniem przestrzeni do współpracy między medycyną a AI. W praktyce, jak to na pierwszej randce, spotkanie miało na celu przełamanie lodów, poznanie się, wzajemne oswojenie z językiem, którym posługują się obie strony. Bo choć mówimy o tych samych problemach: zdrowiu, bezpieczeństwie pacjenta i odpowiedzialności, to w świecie AI i w świecie medycyny nasze podejścia, narzędzia oraz sposób myślenia bywają bardzo różne.



Zaproszeni goście mówili, czym właściwie jest AI, i to z wielu perspektyw: prawnej, legislacyjnej, etycznej, naukowej, technicznej i oczywiście medycznej. To był czas rozmów, zadawania pytań bez gotowych odpowiedzi i, co najważniejsze, budowania zaufania, bo jak wiadomo, „oswoić" to znaczy „stworzyć więzy"[1]. Nie chodziło więc o pokaz technologicznych fajerwerków, ale o próbę zrozumienia, jak możemy wspólnie zmieniać system opieki zdrowotnej, nie dla technologii samej w sobie, ale dla dobra pacjenta. A że współpraca z MIRCIM zobowiązuje, to nadrzędnym celem było poszukiwanie odpowiedzi opartej na aktualnych i wiarygodnych danych (jak w *evidence-based medicine*), zaprezentowanie praktycznych doświadczeń, zarówno technologów, jak i lekarzy praktyków, oraz skonfrontowanie tych realnych obserwacji z wizjonerskimi wyobrażeniami: światem pełnym robotów czy nadciągającą apokalipsą technologiczną.

Tym, którzy dołączyli do nas w Krakowie, gratuluję świetnie zainwestowanego czasu. Tym zaś, którzy nie mogli być z nami, przedstawiam poniżej bardzo subiektywne (bo jako organizator tego wydarzenia nie potrafię inaczej) podsumowanie wystąpień i toczących się wokół dyskusji.

Dane, dane, dane

Żeby mówić o AI, potrzeba danych do trenowania i testowania modeli AI, dlatego nie było zaskoczeniem, że konferencja rozpoczęła się od wystąpienia Andrzeja Rysia, który przedstawił historię powstania i wizję rozwoju Europejskiej Przestrzeni Danych Medycznych (EHDS), inicjatywy rozwijanej w ramach prac Komisji Europejskiej. Z pierwszej ręki dowiedzieliśmy się o szczegółach powstania tego ambitnego przedsięwzięcia, które ma na celu stworzenie wspólnego, bezpiecznego i interoperacyjnego systemu gromadzenia, udostępniania i wykorzystywania danych medycznych w całej Unii Europejskiej (UE). Podkreślono, że dane te mają służyć przede wszystkim poprawie jakości opieki zdrowotnej poprzez wzmocnienie praw pacjenta do własnych danych, oraz wymianie tych danych pomiędzy różnymi systemami opieki zdrowotnej, aby zapewnić jej ciągłość (bo czasy korzystania z usług jednego lekarza, który zna pacjenta od najmłodszych lat, odeszły w niepamięć). Drugorzędnym celem EHDS jest bezpieczne wykorzystanie danych do celów pożytku publicznego, wspierania badań naukowych i rozwijania nowych technologii, w tym oczywiście rozwiązań opartych na AI.

Doktor Ryś zwrócił uwagę na wyzwania, które pojawiają się przed wdrożeniem tego projektu: od aspektów prawnych przez różnorodność systemów ochrony zdrowia w krajach członkowskich UE po konieczność zapewnienia obywatelom pełnej kontroli nad własnymi danymi. W dobie szybkiego rozwoju technologii opartych na danych idea budowy wspólnej przestrzeni danych budzi – co zrozumiałe – duże zainteresowanie jako realna szansa na transformację systemu ochrony zdrowia w kierunku bardziej zintegrowanego i nowoczesnego modelu cyfrowego. Jednocześnie zasady korzystania z danych jasno określają, kto ma je udostępniać, do jakich celów i pod jakimi warunkami.

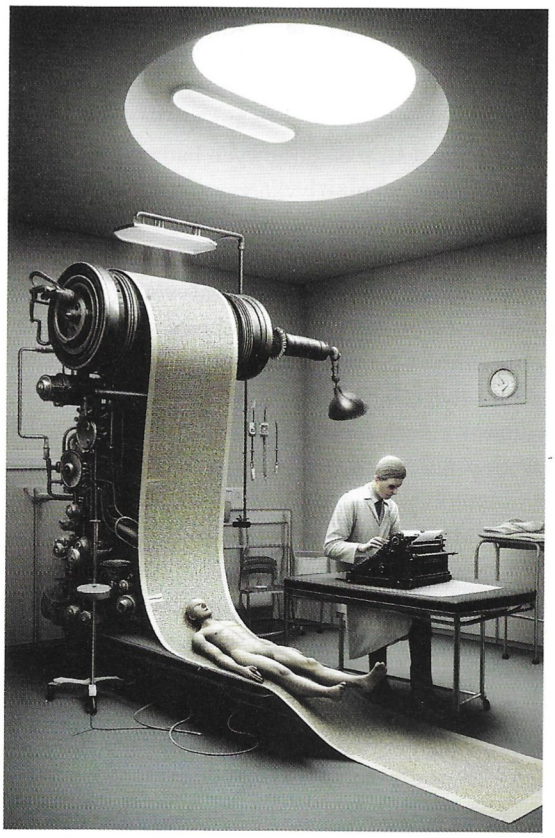
Kontekst dostępu do zharmonizowanych danych medycznych na poziomie krajowym czy ponadpaństwowym przybliża nas do wszechstronnych modeli AI, podobnych do modelu Foresight, który został wytrenowany na danych pochodzących od 57 mln pacjentów angielskiej National Health Service (NHS)[2,3]. Model Foresight, obecnie dostępny tylko dla naukowców, może przewidywać m.in. konieczność hospitalizacji lub zawał serca. W (niedalekiej?) przyszłości wykrywanie chorób na wczesnym etapie umożliwi szybkie interwencje i wspieranie NHS w przechodzeniu na bardziej prewencyjne niż reaktywne podejście do opieki zdrowotnej.

Lekarz programista?

Mikael Brudfors, reprezentujący na naszej sesji firmę NVIDIA – (prawie) monopolistę rynku sprzętu do budowania AI, czyli procesorów graficznych (GPU) – przedstawił wizję rozwoju AI w medycynie. O potrzebie wdrożenia AI w systemach opieki zdrowotnej przekonują wszystkich coraz dłuższe kolejki do specjalistów. Prelegent przedstawił dane dotyczące narzędzi AI, które uzyskały akceptację amerykańskiej Agencji ds. Żywności i Leków (Food and Drug Administration – FDA) – choć jest ich ponad tysiąc, w szpitalach korzysta się zaledwie z garstki (mówiąc ściślej, stosuje się ich mniej niż jest palców u dłoni).

Wprowadzanie narzędzi AI do opieki zdrowotnej wiąże się z nakładem pracy potrzebnej na wdrożenie i szkolenia; co więcej, badania wskazują, że ich wykorzystanie może skutkować niekorzystnymi zjawiskami wynikającymi z jakości danych: nadrozpoznawalnością (a w rezultacie narażeniem pacjenta na niepotrzebne leczenie i stres) i niedorozpoznawalnością (a zatem niezastosowaniem odpowiedniego leczenia i pogorszeniem stanu zdrowia) – problemami, z którymi borykamy się w medycynie i bez AI[4].

W dalszej części wykładu zostały przedstawione popularne narzędzia dostępne w przestrzeni publicznej na zasadzie *open-access*, w tym projekt Medical Open Network for Artificial Intelligence (MONAI), którego celem jest zbudowanie mostu między innowacjami naukowymi a ich zastosowaniem klinicznym poprzez dostarczanie rozwią-



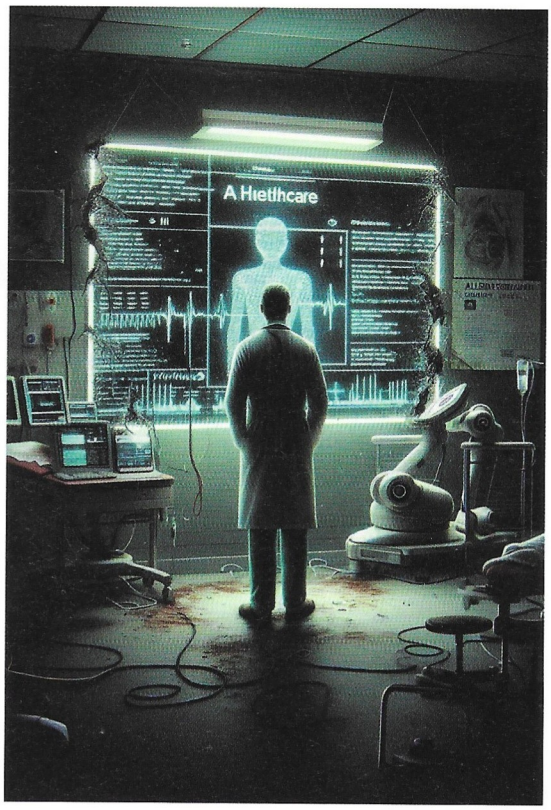
zań (klasy przemysłowej) przyspieszających rozwój technologii AI w medycynie[5]. Aby korzystać z platformy MONAI, trzeba jednak posiąść magiczną umiejętność programowania w języku Python. Umiejętność, która kiedyś była zarezerwowana dla informatyków, obecnie staje się coraz częstsza wśród pracowników opieki zdrowotnej (nazwałbym ich entuzjastami AI), którzy chcą być współkreatorami medycyny przyszłości[6].

Tomasz Kopacz z Microsoftu próbował przekonywać, że technologie AI, takie jak duże modele językowe (LLM) z ChatGPT jako sztandarowym przykładem, nawet bez specjalistycznego trenowania na danych medycznych potrafią rozwiązywać zadania z egzaminów medycznych, wyjaśniać swoje odpowiedzi i tworzyć scenariusze diagnostyki różnicowej[7]. Czy AI mogłaby ograniczyć biurokrację w systemie opieki zdrowotnej poprzez automatyczną transkrypcję rozmowy (w dowolnym języku) między lekarzem a pacjentem i przygotować dokładny raport lub notatkę, którą można tylko na koniec wizyty skopiować do elektronicznej kartoteki pacjenta? A może AI mogłaby stworzyć narzędzie zdolne odczytać ręczne pismo lekarza, który swój nieoszlifowany talent artysty realizuje, uzupełniając papierową dokumentację? To także okazuje się już możliwe, co więcej, nowsze modele wielomodalne (*multimodal*), czyli takie, które potrafią nie tylko korzystać z języka, ale także z obrazu (np. zdjęć), na podstawie kilku lekarskich szlaczków potrafią rozszyfrować, co lekarz miał na myśli, a także ustalić potencjalną diagnozę albo kontekst medyczny towarzyszący powstaniu konkretnej notatki.

Kolejnym przykładem na ograniczenie marnowania czasu lekarzy była implementacja systemu automatyzacji generowania wypisów pacjenta (epikryz) w Imperial College Healthcare. W tym londyńskim szpitalu stażysta produkuje średnio 9000 wypisów miesięcznie, co w skali szpitala oznacza 4500 (!) dni w roku spędzonych na robocie papierkowej. Przy stosowaniu LLM z Microsoftu natomiast – jak oszacowano – oszczędza się 12 minut na każdy wypis, czyli łącznie 2700 dni pracy rocznie, a zatem prawie 11 etatów lekarskich... Inaczej mówiąc: szpital mógłby zyskać 11 lekarzy, który zamiast zajmować się pracą administracyjną, spędzaliby czas z pacjentami. Można zatem przypuszczać, że niebawem – choć powoli – lekarz pracownik biurowy powróci do roli lekarza spędzającego czas z pacjentem, ponieważ pracę administracyjną będzie wykonywał LLM (albo jego zdolniejszy następca, którego jeszcze nie znamy).

A co na to praktycy?

Z racji tego, że w medycynie specjalizacją najbardziej zaawansowaną technologicznie, jeśli chodzi o rozwój i liczbę dostępnych narzędzi AI, jest radiologia (to dla niej przeznaczonych jest ok. ¾ dostępnych narzędzi AI), do wygłoszenia kolejnego wykładu została zaproszona Rozemarijn Vliegenthart, radiolog specjalizująca się w obrazowaniu klatki piersiowej i układu sercowo-naczyniowego. Profesor zaprezentowała przykłady wykorzystania narzędzi AI w szpitalu w Groningen oraz – szerzej – w Królestwie Niderlandów. Oczywiście nie obyło się bez przypomnienia, że w 2016 roku ojciec chrzestny sieci neuronowych Geoffrey Hinton głosił, że radiologia zniknie jako pierwsza specjalizacja, stwierdzając wprost podczas jednej z konferencji: „Powinniśmy



przestać szkolić radiologów już teraz. To całkowicie oczywiste, że w ciągu pięciu lat uczenie głębokie będzie osiągać lepsze wyniki niż radiolodzy"[8].

Technologia AI zmienia (i będzie zmieniać) każdy element radiologii, począwszy od akwizycji obrazowania medycznego poprzez jego rekonstrukcje, wizualizacje, analizy obrazowania, czyli np. wykrywanie podejrzanych zmian czy monitorowanie postępu choroby albo skuteczności leczenia i przygotowanie opisu, na samej diagnozie na podstawie obrazowania skończywszy[9]. Dla przykładu: w tomografii komputerowej (TK) pozycjonowanie pacjenta na stole tomografu ma bezpośredni wpływ na dawkę promieniowania oraz jakość obrazu. A zatem jeśliby AI pozycjonowała pacjenta precyzyjniej niż człowiek, można by ograniczyć błędy na tym etapie, co by się przekładało na lepszą jakość obrazowania, albo przynajmniej skracało czas badania.

Jako przykład automatyzacji interpretowania obrazowania medycznego wskazano ilościową ocenę zwapnień w tętnicach wieńcowych opartą na AI w TK klatki piersiowej, która to metoda już od kilku lat wykazuje dużą zgodność z metodami referencyjnymi[10]. Pełna automatyzacja tego procesu może skrócić czas oceny i zoptymalizować ocenę kliniczną stopnia zwapnień bez konieczności wykonywania dodatkowych badań.

Wspomniano też o wykorzystaniu LLM do przygotowywania opisów obrazowania medycznego (TK, ultrasonografii czy obrazowania metodą rezonansu magnetycznego) na satysfakcjonującym poziomie pod względem dokładności klinicznej, poprawności gramatycznej oraz jakości stylistycznej. Podkreślono jednak, że tzw. halucynacje, czyli generowanie informacji nieprawdziwych lub niezgodnych z kontekstem klinicznym, nadal stanowią istotne ograniczenie w szerszym wdrażaniu tych narzędzi w praktyce medycznej.

Ciekawym spostrzeżeniem było także przywołanie raportu na temat użycia narzędzi AI w radiologii w Królestwie Niderlandów między 2020 a 2022 rokiem[12]. Raport bazujący na analizie ankiety przeprowadzonej w tamtejszych szpitalach pokazuje, że coraz więcej oddziałów korzysta z AI, a łączna liczba wdrożeń dynamicznie rośnie, co jest charakterystyczne dla rozwijających się rynków. Główne obszary zastosowania produktów AI to wykrywanie guzków w płucach za pomocą TK, wspomaganie diagnostyki udaru mózgu oraz ocena wieku kostnego. Ale mimo że większość respondentów zauważyła wartość dodaną (obniżenie kosztów i/lub poprawę wyników) uzyskaną dzięki korzystaniu z oprogramowania AI, nie wszystkie przeszkody udało się pokonać.

Głównym problemem nadal pozostają koszty oraz trudności związane z infrastrukturą IT. Cóż, pewnie jak w młodym małżeństwie i tu początki bywają pełne entuzjazmu i nadziei, ale codzienność przynosi zderzenie z realiami: wspólnymi finansami (szczególnie że akurat w tej dziedzinie pieniędzy – czy to po stronie systemów ochrony zdrowia, czy technologów AI – ciągle brakuje), różnymi przyzwyczajeniami i niedomówieniami technologicznymi. Trzeba się dotrzeć, nauczyć współpracować, rozwiązywać problemy i budować zaufanie. I tylko wtedy relacja człowieka z technologią ma szansę stać się trwała, harmonijna i naprawdę korzystna dla obu stron.

Jeśli nie radiologia, to może oddział ratunkowy?

Alex Novak, lekarz szpitalnego oddziału ratunkowego, zaprezentował doświadczenia z wdrażania narzędzi AI zarówno na oddziałach ratunkowych, jak i w opiece przedszpitalnej w Oksfordzie. Jak pokazał, AI została przyjęta bardzo entuzjastycznie na oddziałach ratunkowych, szczególnie w zakresie diagnostyki, wspierania decyzji medycznych oraz optymalizacji wykorzystania zasobów i personelu oddziału[13]. Niemniej jednak poważnym wyzwaniem i jednocześnie istotną luką pozostaje rzetelna baza danych naukowych, która pozwoliłaby sprostać wymaganiom regulacyjnym oraz wykazać skuteczność tych rozwiązań i realne korzyści płynące z ich wykorzystania.

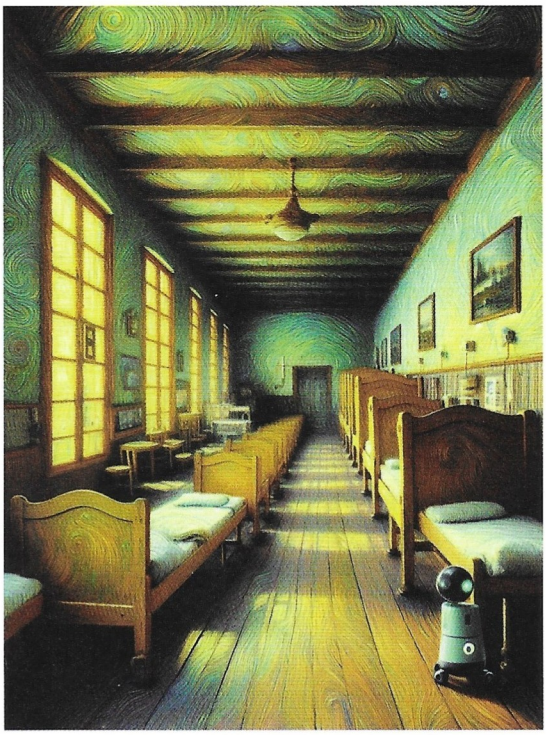
Luka ta powstaje między uzyskaniem znaczka CE (zgodności europejskiej), który jest obowiązkowym oznaczeniem dla produktów spełniających unijne normy dotyczące bezpieczeństwa, ochrony zdrowia oraz ochrony środowiska, a uzyskaniem rekomendacji odpowiedniej instytucji (w Wielkiej Brytanii będzie to National Institute for Health and Care Excellence [NICE], czyli organ oceniający technologie medyczne, odpowiadający za ocenę efektywności kosztowej leków i podejmujący decyzje o ich refundacji). Jak dostarczyć jednak w takim razie dowodów potwierdzających, że narzędzie AI przynosi korzyści pacjentowi, lekarzowi, szpitalowi, a tym samym całej ochronie zdrowia i jest warte refundacji? Poza standardową oceną (techniczną) dokładności narzędzia, czyli jego czułości (zdolności testu do wykrywania osób rzeczywiście chorych – wyników prawdziwie dodatnich) i swoistości (zdolności testu do prawidłowego rozpoznania osób zdrowych – wyników prawdziwie ujemnych) potrzeba metryk, które określają, jak narzędzia wpływają na lekarzy (poprawa dokładności i/lub szybkości pracy). I dalej: jak to wpływa na pracę całego szpitala, np. na przepływ pacjentów (bo nie może być tak, że narzędzie AI tylko przenosi ciężar z jednego oddziału na inny), a także – co ważne – jak korzystanie z takiego narzędzia wpływa na wyniki pacjentów i ich doświadczenia[14].

Mimo że wykład dotyczył oddziału ratunkowego, odnosił się głównie do narzędzi AI z dziedziny radiologii, choć niekoniecznie przez radiologów używanych. Jako przykład ewaluacji narzędzia AI przedstawiono badanie, w którym oceniono wpływ zastosowania AI w interpretacji obrazów medycznych na dokładność diagnostyczną lekarzy pracujących na szpitalnych oddziałach ratunkowych w rozpoznawaniu odmy opłucnowej. Było to wieloośrodkowe, ślepe badanie z udziałem wielu chorych i wielu lekarzy z czterech szpitali w Anglii, reprezentujących sześć różnych specjalizacji i różne poziomy doświadczenia zawodowego[15]. Za punkt odniesienia przyjęto opinię dwóch radiologów specjalizujących się w obrazowaniu klatki piersiowej, a w razie rozbieżności decyzję podejmował trzeci specjalista, pełniący funkcję arbitra. Uczestnicy samodzielnie analizowali obrazy bez wsparcia AI, rozpoznając lub wykluczając odmę opłucnową i oceniając stopień pewności diagnostycznej. Po pewnym czasie (żeby zapomnieć o konkretnych przypadkach) cały proces powtórzono, tym razem z uwzględnieniem rozpoznań wygenerowanych przez AI. Wyniki (bez zaskoczeń) pokazały, że wsparcie AI wyraźnie zwiększa trafność diagnostyczną w wykrywaniu odmy, szczególnie u mniej doświadczonych lekarzy. Czas analizy jednak się nie zmienił, a przy tym należy pamiętać, że obrazowanie to zaledwie jeden z wielu etapów ścieżki diagnostycznej i nawet mniej doświadczony lekarz i tak pewnie by sobie poradził z rozpoznaniem oczywistej odmy opłucnowej, a przy subtelniejszych objawach i tak konsultowałby pacjenta z bardziej doświadczonym kolegą...

Wygląda zatem na to, że AI i medycyna na razie zachowują się trochę jak młodzi w pierwszym tańcu, niby znają melodię, kroki już częściowo przećwiczyli, ale nie zawsze trafiają w rytm, a czasem ktoś komuś nadepnie na stopę. Mimo to potencjał tej relacji jest ogromny. Trzeba tylko czasu, wzajemnego zrozumienia i kilku wspólnych prób generalnych, zanim wejdziemy na scenę z prawdziwą pewnością i płynnością ruchów. A wszystko po to, żeby ostatecznie to pacjent, jak zawsze, był największym beneficjentem tej współpracy.

A kto weźmie za to wszystko odpowiedzialność?

Piotr Szymański przedstawił ekosystem regulacji związanych z wdrażaniem wyrobów medycznych



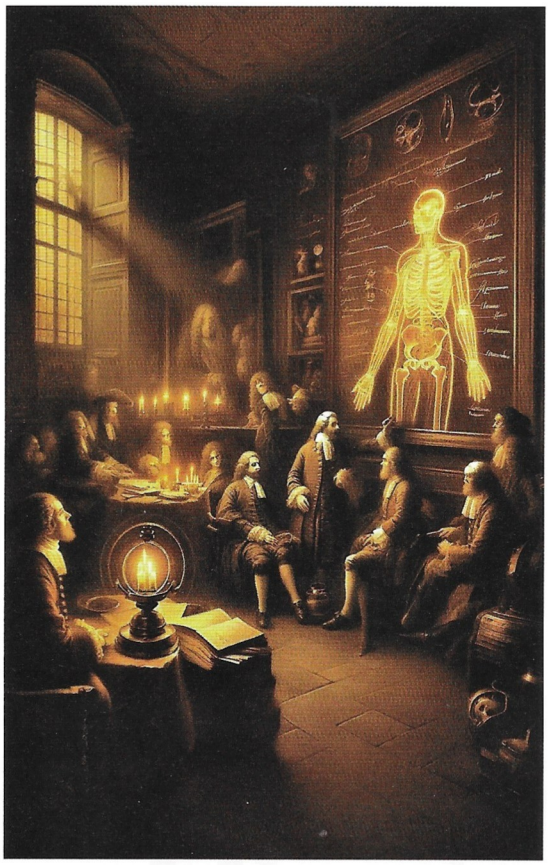
opartych na AI, praktyczne zagadnienia dotyczące m.in. AI Act[16] oraz kwestie odpowiedzialności w kontekście korzystania z narzędzi AI w opiece zdrowotnej. To cały złożony układ przepisów, instytucji, procedur i standardów, które mają na celu zapewnienie bezpieczeństwa, skuteczności i jakości narzędzi medycznych wykorzystujących AI – począwszy od CE i Medical Device Regulation (MDR; rozporządzenie UE w sprawie wyrobów medycznych) w Europie przez FDA w USA po lokalne organy regulacyjne, które próbują nadążyć za technologią rozwijającą się szybciej niż paragrafy. Medical Device Regulation jasno określa, że producent musi identyfikować, analizować, oceniać, kontrolować i monitorować ryzyko przez cały cykl życia wyrobu. Mówiąc jaśniej: nie wystarczy powiedzieć: „to może być niebezpieczne", trzeba pokazać, co z tym niebezpieczeństwem zrobiono i jakie procedury zostały wdrożone, by je ograniczyć. AI Act, który ma objąć m.in. AI w medycynie, dodaje do tego jeszcze perspektywę etyczną oraz wymogi przejrzystości i nadzoru.

Dla systemów o wysokim ryzyku, do których należy AI wspierające decyzje kliniczne, są wymagane konkretne mechanizmy minimalizacji ryzyka, takie jak testy przed wdrożeniem, szczegółowa dokumentacja, monitoring działania w czasie rzeczywistym, a także mechanizm umożliwiający wyjaśnianie decyzji podejmowanych przez system AI[17]. W ramach AI Act definiuje się także użytkownika systemu AI (*deployer*), czyli podmiot (np. może nim być osoba fizyczna lub prawna), który korzysta z narzędzia AI w ramach swojej działalności zawodowej i tym samym bierze częściową odpowiedzialność za jego działanie, wdrażając to narzędzie do realnej praktyki. W medycynie użytkownikiem systemu AI może być i szpital, który wdraża AI do wspomagania diagnozy radiologicznej, i lekarz korzystający z AI do oceny elektrokardiogramu pacjenta.

To jak wdrażać AI w szpitalu?

Skoro częściowa odpowiedzialność za użytkowanie systemów AI spada na szpitale oraz indywidualnych lekarzy, naturalnie nasuwa się pytanie: jak wdrażać rozwiązania AI, aby faktycznie przynosiły korzyść wszystkim uczestnikom systemu ochrony zdrowia – od pacjenta po administratora placówki? Dan Perri zaprezentował praktyczne, wielostopniowe podejście, opracowane w realiach kanadyjskiej ochrony zdrowia, które pokazuje, jak wybierać narzędzia AI warte wdrożenia w szpitalu, oraz z jakimi wyzwaniami trzeba się zmierzyć, by skutecznie te narzędzia zintegrować ze ścieżkami diagnostycznymi i terapeutycznymi[18]. Wdrażanie narzędzi AI wiąże się z klasycznymi wyzwaniami, znanymi z wcześniejszych fal rozwoju technologicznego: zakłóceniem istniejących, czasem ledwo funkcjonujących procesów klinicznych, kosztami wdrożenia (bo AI to nie są tanie zabawki), a także kosztami szkoleń dla personelu, który ma z tych narzędzi korzystać[19]. Dochodzi jednak również nowa, specyficzna warstwa wyzwań wynikających z charakteru AI: zaufanie do algorytmu, jego wyjaśnialność, transparentność treningu modelu i zgodność populacji źródłowej danych z populacją lokalną, a także niepewność co do kwestii prawnych, regulacji i odpowiedzialności[17].

Zamiast przepisywać tutaj cały dokument, warto podkreślić najważniejsze przesłanie: kluczem jest zbudowanie zespołu, który będzie w stanie skutecznie wdrażać i nadzorować AI w praktyce



klinicznej[18]. Taki zespół musi być komplementarny: łączyć specjalistów z zakresu medycyny, technologii i prawa oraz przedstawicieli pacjentów. Można to zobrazować tak: wdrażanie AI w szpitalu przypomina kredyt hipoteczny dla młodego małżeństwa – to decyzja na lata, wymagająca wspólnych ustaleń, wzajemnego zaufania i dobrej komunikacji. Bez współpracy wdrożenie AI po prostu nie ma szans się powieść.

Lekcja edukacji doktora AI

Od czasów GPT-3 wiemy, że AI mogłaby spokojnie „powiesić nad kominkiem" dyplom zaliczenia końcowego egzaminu lekarskiego i tym samym starać się o pracę w szpitalu lub przychodni[17]. Sztuczna inteligencja potrafi generować precyzyjne odpowiedzi, bazując na wzorcach poznanych podczas treningu. Eksperymenty, jak te z GPT[7], wskazują na drzemiący w AI imponujący potencjał wspierania procesów edukacyjnych w medycynie. Z tego powodu do wygłoszenia wykładu zamykającego sesję zaprosiliśmy Sameera Shaikha, który nie tylko zaprezentował, jak AI zmienia program nauczania na uczelniach medycznych[20], ale przede wszystkim ukazał, jakie szanse daje jej wykorzystanie w edukacji medycznej.

PIŚMIENNICTWO

1. Saint-Exupéry A.: Mały książę. Tłum. A. Kozak. https://wolnelektury.pl/media/book/pdf/saint-exupery-maly-ksiaze.pdf (dostęp: 20.05.2025): 32
2. National Health Service: Foresight AI case study. https://digital.nhs.uk/data-and-information/research-powered-by-data/case-studies/foresight-ai (dostęp: 20.05.2025)
3. Callaway E.: Medical AI trained on whopping 57 million health records. Nature, 2025; DOI: 10.1038/d41586-025-01422–3
4. de Vries C.F., Colosimo S.J., Staff R.T. i wsp.; iCAIRD Radiology Collaboration: Impact of different mammography systems on artificial intelligence performance in breast cancer screening. Radiol. Artif. Intell., 2023; DOI: 10.1148/ryai.220146
5. Medical Open Network for Artificial Intelligence. https://monai.io/ (dostęp: 20.05.2025)
6. National Health Service: Building a community of practice. https://nhs-pycom.net/community (dostęp: 20.05.2025)
7. Nori H., King N., McKinney S.M. i wsp.: Capabilities of gpt-4 on medical challenge problems. arXiv preprint, 2023; arXiv:2303.13375
8. Hinton G.: On radiology. 24.11. 2016. https://www.youtube.com/watch?v=-2HMPRXstSvQ (dostęp: 20.05.2025)
9. Mastrodicasa D., van Assen M., Huisman M. i wsp.: Use of AI in cardiac CT and MRI: a scientific statement from the ESCR, EuSoMII, NASCI, SCCT, SCMR, SIIM, and RSNA. Radiology, 2025; DOI: 10.1148/radiol.240516
10. van Assen M., Martin S.S., Varga-Szemes A. i wsp.: Automatic coronary calcium scoring in chest CT using a deep neural network in direct comparison with non-contrast cardiac CT: a validation study. Eur. J. Radiol., 2021; DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.109428
11. Serapio A., Chaudhari G., Savage C. i wsp.: An open-source fine-tuned large language model for radiological impression generation: a multi-reader performance study. BMC Med. Imag., 2024; DOI: 10.1186/s12880-024-01435-w
12. van Leeuwen K.G., de Rooij M., Schalekamp S. i wsp.: Clinical use of artificial intelligence products for radiology in the Netherlands between 2020 and 2022. Eur. Radiol., 2024; 34: 348–354
13. Piliuk K., Tomforde S.: Artificial intelligence in emergency medicine: a systematic literature review. Intern. J. Med. Inform., 2023; DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2023.105274
14. Lip G., Novak A., Goyen M. i wsp.: Adoption, orchestration, and deployment of artificial intelligence within the National Health Service, facilitators and barriers: an expert roundtable discussion. BJR Artificial Intelligence, 2024; DOI: 10.1093/bjrai/ubae009
15. Novak A., Ather S., Gill A. i wsp.: Evaluation of the impact of artificial intelligence-assisted image interpretation on the diagnostic performance of clinicians in identifying pneumothoraces on plain chest X-ray: a multi-case multi-reader study. Emerg. Med. J., 2024; 41: 602–609
16. European Comission: AI act. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai (dostęp: 20.05.2025)
17. Papież B.W.: Mózg bez duszy. Czy sztuczna inteligencja mogłaby zostać lekarzem? Med. Prakt., 2025; 2: 121–127
18. Implementing artificial intelligence in Canadian healthcare: a kit for getting started. 11.2021. www.healthcareexcellence.ca/media/qdmn0p3b/20211208_aireport_en.pdf (dostęp: 20.05.2025)
19. Petersson L., Larsson I., Nygren J.M. i wsp.: Challenges to implementing artificial intelligence in healthcare: a qualitative interview study with healthcare leaders in Sweden. BMC Health Serv. Res., 2022; DOI: 10.1186/s12913-022-08215–8
20. Anthropic education report: how university students use Claude. 8.04.2025. www.anthropic.com/news/anthropic-education-report-how-university-students-use-claude (dostęp: 20.05.2025)